

УДК 625.711.83

Н. П. Вырко, доктор технических наук, профессор (БГТУ);
И. И. Леонович, доктор технических наук, профессор (БНТУ);
А. С. Федькин, аспирант (БГТУ)

РОВНОСТЬ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ – ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

В статье рассмотрены вопросы влияния ровности дорожного покрытия на эксплуатационно-технические показатели, такие как скорость движения автомобилей, производительность их на вывозке леса, безопасность движения, износостойкость и работоспособность дороги, срок службы и прочность дорожной одежды.

The article considers the impact of pavement smoothness on the operational and technical indicators such as vehicle speed, performance, hauling them to the woods, safety, durability and serviceability of the road, durability and strength of the pavement.

Введение. Техническое и эксплуатационное состояние автомобильных дорог, эффективность работы транспорта характеризуются:

1) эксплуатационными показателями, к которым относят годовой объем вывозки, интенсивность, состав и скорость движения, пропускная способность дороги, производительность лесовозного автопоезда, себестоимость вывозки, удельные трудозатраты и др.;

2) техническими показателями, определяющими состояние, ровность, шероховатость, сцепные качества, износостойкость и работоспособность дороги;

3) показателями надежности, проездежности, безопасности движения, сроком службы и прочностью дорожной одежды.

Из всех перечисленных показателей важнейшим является ровность покрытия, от которого зависит скорость движения лесовозных автопоездов по дороге, динамика воздействия колес подвижного состава на дорогу, расход топлива и смазочных материалов, себестоимость вывозки древесины. Поэтому обеспечение ровности дорожного покрытия является одной из наиболее главных проблем дорожников-эксплуатационников.

Основная часть. Ровность дорожного покрытия оценивается коэффициентом ровности k_p , который есть отношение предельно допустимых значений ровности ($S_{\text{доп}}$) к фактической ($S_{\text{факт}}$), см/км:

$$k_p = \frac{S_{\text{доп}}}{S_{\text{факт}}}. \quad (1)$$

Покрытие по ровности удовлетворяет условиям эксплуатации, если $k_p \geq 1$.

Предельно-допустимые значения ровности для переходных типов покрытий составляют 340 см/км, а для низших – 510 см/км.

Образование неровностей покрытий проезжей части происходит в результате возникновения необратимых деформаций в слоях дорожной оде-

жды; выбоин на покрытии (из-за усталостных явлений в слое покрытия и местного разрушения их в связи с плохим сцеплением вяжущего с каменным материалом) и из-за неравномерного износа покрытия.

Неровности приводят в колебательное состояние автомобиль. При колебаниях кузова 0,7–4,0 Гц пассажиры испытывают неприятные ощущения, а при 5–20 Гц создаются опасные ситуации [1].

В практике эксплуатации автомобильных дорог неровности подразделяются на периодические и случайные. Неровности периодического характера можно аппроксимировать в виде следующих функций: а) синусоиды; б) параболы; в) треугольной кусочно-прерывистой; г) прямоугольной кусочно-прерывистой.

Большинство же неровностей дорожных покрытий носит случайный характер. Для определения применяются различные приборы и методы статистической обработки полученных результатов. Среди приборов используются мерные рейки, профилометры, колесные рейки, динамометрические прицепы, виографы, толчкомеры, акселерометры (рис. 1).



Рис. 1. Динамометрический прицеп типа ПКПС

Таблица 1

Нормативные требования к ровности различных категорий дорог по IRI

Страна, место использования показателя IRI	Характеристика ровности	Значение IRI, м/км
Международный эксперимент (Мировой банк, Бразилия, 1982 г.)	Взлетно-посадочные полосы в аэропортах и высоко-скоростные автомобильные дороги	От 0,8 до 1,3
	Новые дорожные покрытия	От 1,3 до 3,3
	Эксплуатируемые автомобильные дороги	От 2,3 до 5,5
Бельгия, 1984 г.	Класс А. Очень хорошая ровность	До 2
	Класс В. Хорошая ровность	От 2 до 4
	Класс С. Хорошая ровность	От 4 до 6
	Класс D. Плохая ровность	От 6 до 8
	Класс Е. Очень плохая ровность	Более 8
	Порог вмешательства	Более 6
Швеция, 1988 г.	Очень хорошая ровность	До 1,5
	Хорошая ровность	От 1,5 до 2,5
	Средняя ровность	От 2,5 до 3,5
	Удовлетворительная ровность	От 3,5 до 4,5
	Неудовлетворительная ровность	> 4,5
Международный эксперимент FILTER (PIARC, Нидерланды, Германия, 1998 г.)	Хорошая ровность	До 1,5
	Средняя ровность	От 1,5 до 3,5
	Плохая ровность	Более 3,5

Измерение неровностей производят при движении автомобиля со скоростью 50 км/ч. При обработке данных устанавливаются следующие характеристики: число выступов на участке протяженностью в 1 км; суммарная величина выступов на данном участке; средняя величина выступов; среднеквадратическое отклонение выступов (впадин); математическое ожидание величины неровностей; коэффициент вариации; дисперсия и д. р.

В зарубежной практике для характеристики ровности дорожного покрытия используют индекс ровности IRI (табл. 1).

Индекс ровности определяют путем математической обработки результатов измерения просветов под рейкой или использования ПКРС-2У, ТХК-2 (установки, работающие по методу толчкомера, являются недорогими и доступными, широко применяются для определения эксплуатационной ровности дорожных покрытий и являются основными приборами для определения ровности при диагностике автомобильных дорог), для которых установлена корреляционная зависимость связи их показаний с показаниями ровности под рейкой:

$$S = 20 + 7,1 \cdot h^{1,7}, \quad (2)$$

где S – показания толчкомера, мм; h – средний размер просвета под рейкой, мм.

Международный показатель ровности IRI имеет единицу измерения м/км. Его значение

для дорог с усовершенствованным и облегченным типом покрытий составляет 1,5–2,5 м/км, а для грунтовых и гравийных дорог, находящихся в отличном состоянии, – 3–4 м/км. При неровном твердом покрытии IRI составляет 12 м/км, а для грунтовых и гравийных дорог IRI равен 15 м/км и более.

Получена математическая зависимость изменения скорости движения автопоезда от степени ровности покрытия [1, 2]:

$$V = 50,35 - 4,66 \cdot G_H, \quad (3)$$

где G_H – степень ровности покрытия.

Также получена графическая зависимость изменения скорости движения автопоезда от величины повреждения покрытия, которая описывается выражением:

$$V = \frac{V_p \cdot V_{\min}}{V_{\min} + p \cdot V_p}, \quad (4)$$

где V_p – расчетная скорость движения автопоезда на вывозке леса, м/с; V_{\min} – минимальная скорость движения на второй передаче, составляет 3–5 м/с; p – процент повреждения дорожного покрытия, доли.

В результате проведенных исследований установлены закономерности изменения скорости движения лесовозных автопоездов от степени ровности покрытия гравийных дорожных одежд; установлена интенсивность изменения

скорости движения от состояния (повреждения) дорожного покрытия (рис. 2).

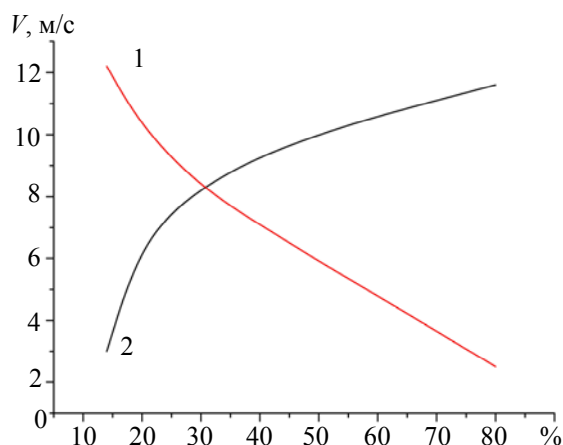


Рис. 2. Изменение скорости движения (1) и ее интенсивности (2) от процента повреждения дорожного покрытия

Так, при повреждении покрытия на 10% скорость движения (при расчетной скорости движения 16,7 м/с) составит 12,5 м/с (уменьшение на 25%), а при повреждении покрытия на 20% — 10 м/с (уменьшение на 40%), при повреждении покрытия на 50% скорость движения составит 6,25 м/с [1, 2]. Производительность автомобилей на вывозке леса снижается на 45–50% в зависимости от категории дороги и типа покрытия.

Транспортная составляющая себестоимости вывозки заготовленного леса прямо пропорциональна состоянию лесных автомобильных дорог. Не менее важными показателями являются дополнительные затраты мощности и расход топлива на преодоление неровностей. Также установлено, что указанные затраты зависят не только от высоты неровностей, но и от их длины.

Зависимость скорости движения автомобилей от состояния лесных автомобильных дорог можно описать следующим выражением:

$$V_r = \frac{1}{A + B \cdot r}, \quad (5)$$

где A и B — параметры, устанавливаемые опытным путем, ч/км; r — отношение площади деформированных участков дорожной одежды к общей площади на рассматриваемом участке, доли единицы.

Значения A и B , определенные для лесных автомобильных дорог, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения параметров A и B

Категория лесной автомобильной дороги	Параметры	
	A	B
I	0,018	0,059
II	0,020	0,066
III _a	0,025	0,083
III _b	0,033	0,090
Ветки	0,050	0,100

Проведенные расчеты мощности, затрачиваемой на преодоление неровностей дорожного покрытия в зависимости от степени ровности и скорости движения, показывают, что с увеличением длины неровностей ее дополнительные затраты резко возрастают.

Закключение. Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы.

1. Установлена связь между расходом мощности, скоростью движения автопоездов и степенью ровности дорожного покрытия.

2. На дорогах с неровной поверхностью средняя скорость движения лесовозных автопоездов снижается на 40–50%, межремонтный пробег уменьшается на 35–40%, производительность снижается на 48–50%, расход топлива увеличивается на 20–40%.

3. Наибольшее влияние на образование неровностей оказывают прочность земляного полотна и дорожной одежды, тип покрытия, погоднo-климатические условия, грунтово-гидрологические факторы, динамическое воздействие автотранспортных систем, которое увеличивается в 1,5–3 раза.

4. Ровность дорожного покрытия является аккумулятивным показателем эксплуатационного состояния покрытия и, как следствие, оказывает существенное влияние на экономическую составляющую работы автотранспорта в целом.

Литература

1. Абрамович, К. Б. Влияние степени ровности дорожного покрытия на технико-эксплуатационные показатели работы автотранспорта / К. Б. Абрамович, Н. П. Вырко // Технология и оборудование заготовки и переработки древесины: сб. — Минск: Выш. шк., 1988. — Вып. 3. — С. 16–19.
2. Перквявичюс, Э. Обеспечение требуемой ровности покрытий автомобильных дорог / Э. Перквявичюс, Э. Лауринавичюс // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообаб. пром-сть. — 2009. — Вып. XVII. — С. 148–149.

Поступила 14.03.2012